

**Output characteristic test appts. for testing inductive or capacitive load control device - uses simulator having processor controlling components producing simulated load current**

Patent Number: DE4212890  
Publication date: 1993-10-21  
Inventor(s): MAYER WERNER (DE); SCHMITFRANZ BERND DIPL ING (DE)  
Applicant(s):: DAIMLER BENZ AG (DE)  
Requested Patent: ☐ DE4212890  
Application Number: DE19924212890 19920417  
Priority Number(s): DE19924212890 19920417  
IPC Classification: G01R31/00  
EC Classification: G01R31/01B  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

The appts. tests the controller in a mode as if it were connected to the load. A simulator (209) connected to the controller (201) contains a processor (210) which detects the instantaneous switching state of the load defined by the controller.

The processor controls several components (216-219) according to the detected switching state and the parameters of the load to be simulated. The components produce a measurable current corresp. to the current of the simulated load.

USE/ADVANTAGE - For testing control unit for current-regulated valves in motor vehicles without operating the valves. Simpler functional tests are achieved.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 42 12 890 C 2

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
G 01 R 31/00  
G 06 F 19/00

②① Aktenzeichen: P 42 12 890.0-35  
②② Anmeldetag: 17. 4. 92  
④③ Offenlegungstag: 21. 10. 93  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 23. 3. 95

DE 42 12 890 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:

Daimler-Benz Aktiengesellschaft, 70567 Stuttgart,  
DE

⑦② Erfinder:

Mayer, Werner, 7057 Winnenden, DE; Schmitzfranz,  
Bernd, Dipl.-Ing., 7300 Esslingen, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 29 18 956 C2  
DE 30 24 266 A1

⑤④ Anordnung zum Testen des Ausgangsverhaltens induktiver oder kapazitiver Lasten ansteuernder  
Steuergeräte

DE 42 12 890 C 2

Die Erfindung betrifft eine Anordnung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Es ist bereits eine gattungsgemäße Anordnung bekannt, wonach bei Verwendung strom geregelter Ventile in Kraftfahrzeugen, die von einem Steuergerät angesteuert werden, das Ausgangsverhalten und damit die Anpassung des Steuergerätes an die Ventile getestet wird, indem Ventile an die entsprechenden Endstufen angeschlossen und unter den entsprechenden Betriebsbedingungen getestet werden. Die Stromregelung der Ventile ergibt gegenüber unregelmäßigen Ventilen, die bei der Ansteuerung mit einem konstanten Strom beaufschlagt werden, der unter jeden Betriebsbedingungen ein sicheres Ansprechen der Ventile ermöglichen soll, Vorteile hinsichtlich der Verlustleistung und damit auch hinsichtlich der Baugröße, da weniger Wärmeleistung abgeführt werden muß. Da die Ventile an die entsprechenden Endstufen angeschlossen und unter den entsprechenden Betriebsbedingungen getestet werden, ergeben sich Nachteile hinsichtlich des zeitlichen und apparativen Aufwandes beim Testen, da die zu testende Anordnung beispielsweise in einen Klimaschrank eingebracht werden muß, um die Funktionstests bei unterschiedlichen Temperaturen durchführen zu können.

Aus der DE 30 24 266 A1 ist eine Vorrichtung zum Prüfen einer Anlage zum Steuern verschiedener Einrichtungen eines Kraftfahrzeugs bekannt. Sie umfaßt einen sogenannten Simulator, welcher es erlaubt, wahlweise eine Mehrzahl von Signalen einer Mehrzahl von Sensoren oder eine entsprechende Mehrzahl entsprechender Ersatzsignale aus einem entsprechend vielkanaligen Testgenerator auf eine zu untersuchende Steuereinheit zu schalten und die von letzterer ausgegebenen Steuersignale wahlweise an eine Mehrzahl von tatsächlichen Lasten oder eine Mehrzahl von Ersatzlasten zu schalten.

Aus der DE 29 18 956 C2 ist eine Prüfeinrichtung bekannt, die als Bauelement, welches die Abläufe einer vielkanaligen Analyse innerhalb einer ähnlichen Prüfvorrichtung steuert, einen Mikroprozessor vorsieht.

Aufgabe der Erfindung ist es, derartige Funktionstests hinsichtlich ihrer Durchführung zu vereinfachen.

Diese Aufgabe wird bei einer gattungsgemäßen Anordnung zum Testen des Ausgangsverhaltens induktiver oder kapazitiver Lasten ansteuernder Steuergeräte erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, wobei die Merkmale der Unteransprüche vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen kennzeichnen.

Weitere Vorteile der Erfindung gegenüber dem bekannten Stand der Technik bestehen darin, daß damit Funktionsstörungen eingrenzbar sind auf das Steuergerät oder das Ventil. Beim Stand der Technik zeigt sich u. U. nur, daß die aus Steuergerät und Ventilen bestehende Gesamtanordnung nicht funktioniert.

Die vorliegende Erfindung wird im folgenden anhand eines Steuergerätes beschrieben, bei dem die Last ein Schaltventil ist, das angesteuert wird. Gemäß der vorliegenden Erfindung wird an den Ausgang des Steuergerätes eine Schaltung angeschlossen, die in der Ansteuerleitung von dem Steuergerät zu dem Schaltventil entsprechend den von dem Steuergerät vorgegebenen Schaltzuständen einen Stromfluß bewirkt, der dem Strom entspricht, der in der Ansteuerleitung bei einem angeschlossenen Schaltventil fließt.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der

Zeichnung schematisch dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 einen Verlauf des Stromes eines Schaltventiles, Fig. 2 ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Anordnung und

Fig. 3 ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Anordnung.

Das Schaltventil stellt einen induktiven elektrischen Verbraucher dar, so daß sich ein Verlauf des Ansteuerstromes entsprechend der Darstellung der Fig. 1 ergibt. Zum Zeitpunkt  $t_0$  wird dem Schaltventil ein Sollwert eines Ansteuerstromes übergeben, der eine solche Größenordnung aufweist, daß sich der Schaltventilanker aus seiner Ruhelage in Richtung seiner Endlage in Bewegung setzt, wenn der Wert des Ansteuerstromes diesen Sollwert erreicht. Der Ansteuerstrom steigt daraufhin mit einem Ansprechverzögerung an nach der Gleichung:

$$i(t) = I_{\max 1} \cdot (1 - \exp\{-(t - t_0)/\tau_{\text{aus}}\})$$

Zum Zeitpunkt  $t_1$  setzt sich der Schaltventilanker so in Bewegung, daß aufgrund der Lenz'schen Regel diese Bewegung des Schaltventilankers eine solche Spannung induziert, die ihrer Ursache — dem Ansteuerstrom — entgegenwirkt. Somit ergibt sich für die Zeitspanne ab dem Zeitpunkt  $t_1$  bis zu dem Zeitpunkt  $t_2$  zu dem der Schaltventilanker in seiner Endlage angeschlagen ist, insgesamt eine Abnahme des Ansteuerstromes. Da sich der magnetische Kreis dann geschlossen hat, erfolgt von dem Zeitpunkt  $t_2$  bis zu dem Zeitpunkt  $t_3$ , zu dem der dem Schaltventil übergebene Sollwert des Ansteuerstromes gleich null wird, eine Zunahme des Ansteuerstromes mit der Zeitkonstanten  $\tau_{\text{ein}}$ , die größer ist als die Zeitkonstante  $\tau_{\text{aus}}$ , nach der Gleichung:

$$i(t) = I_{\max 2} \cdot (1 - \exp\{-(t - t_2)/\tau_{\text{ein}}\})$$

Der Schaltventilanker setzt sich zu dem Zeitpunkt  $t_3$  noch nicht sofort in Richtung seiner Ruhelage in Bewegung, da eine Spannung induziert wird, die der plötzlichen Abnahme des Ansteuerstromes entgegen wirkt und somit zu einem zeitlich verzögerten Abbau des Ansteuerstromes führt. Dieser abfallende Ansteuerstrom hält somit bis zu dem Zeitpunkt  $t_4$  den Schaltventilanker in der Endlage. Zu dem Zeitpunkt  $t_4$  hat der Ansteuerstrom den zum Halten der Endlage notwendigen Haltestrom  $I_{\text{halte}}$  unterschritten, so daß sich der Schaltventilanker in Richtung seiner Ruhelage in Bewegung setzt. Da der magnetische Kreis immer noch geschlossen ist, fällt der Ansteuerstrom von der Zeitspanne  $t_3$  bis zur Zeitspanne  $t_4$  mit der Zeitkonstanten  $\tau_{\text{ein}}$  ab nach der Gleichung:

$$i(t) = I_{\max 2} \cdot \exp\{-(t - t_3)/\tau_{\text{ein}}\}$$

Die Bewegung des Schaltventilankers aus der Endlage in Richtung seiner Ruhelage ab dem Zeitpunkt  $t_4$  bis zu dem Erreichen der Ruhelage zum Zeitpunkt  $t_5$  bewirkt eine Induktion einer Spannung, die der Ursache der Bewegung des Schaltventilankers — dem abfallenden Ankerstrom — entgegen gerichtet ist. Somit ist in der Zeitspanne von  $t_4$  nach  $t_5$  ein Ansteigen des Ansteuerstromes festzustellen. Nach dem Erreichen der Ruhelage zum Zeitpunkt  $t_5$  fällt der Ansteuerstrom aufgrund des geöffneten magnetischen Kreises mit der Zeitkonstanten  $\tau_{\text{aus}}$  ab nach der Gleichung:

$$i(t) = I_{\max 3} \cdot \exp\{-(t - t_5)/\tau_{\text{aus}}\}$$

Eine Stromregelung des Schaltventiles kann nun derart erfolgen, daß bei einer Auswertung der charakteristischen Größen dieses Verlaufes des Ansteuerstromes über der Zeit beispielsweise die Größe des Haltestromes  $I_{\text{Halte}}$  des Schaltventilankers in Abhängigkeit des Stromes zum Zeitpunkt  $t_1$  oder zum Zeitpunkt  $t_2$  vorgegeben werden. Dabei kann diese Abhängigkeit derart sein, daß der Haltestrom  $I_{\text{Halte}}$  linear ansteigt mit der Größe des entsprechenden Stromes zum Zeitpunkt  $t_1$  oder  $t_2$ . Dazu ist es notwendig, eine Differentiation des zeitlichen Verlaufes des Ansteuerstromes durchzuführen, um die Richtungsänderung des Verlaufes von dem Zeitpunkt  $t_1$  zu dem Zeitpunkt  $t_2$  gegenüber der Richtung des Verlaufes von dem Zeitpunkt  $t_0$  zu dem Zeitpunkt  $t_1$  und damit den Zeitpunkt  $t_1$  erkennen zu können. Entsprechend gilt, daß eine Differentiation des zeitlichen Verlaufes des Ansteuerstromes durchzuführen ist, um die Richtungsänderung des Verlaufes von dem Zeitpunkt  $t_2$  zu dem Zeitpunkt  $t_3$  gegenüber der Richtung des Verlaufes von dem Zeitpunkt  $t_1$  zu dem Zeitpunkt  $t_2$  und damit den Zeitpunkt  $t_2$  zu erkennen, wenn der Haltestrom  $I_{\text{Halte}}$  auf den Wert des Ansteuerstromes zum Zeitpunkt  $t_2$  bezogen werden soll. Des weiteren kann aus dem gemessenen Verlauf des Ansteuerstromes eine Identifikation der Parameter der einzelnen Teilstücke des Verlaufes des Ansteuerstromes entsprechend den angeführten Gleichungen durchgeführt werden. Somit ist es durch einen Vergleich der aufgrund der Parameteridentifikation bestimmten Parameter mit zugehörigen Referenzwerten möglich, auf Betriebsbedingungen bzw. Funktionsstörungen zu schließen. Die Zeitkonstanten  $\tau_{\text{ein}}$  und  $\tau_{\text{aus}}$  sind von dem verwendeten Schaltventil abhängig und ergeben sich aus dem ohmschen und dem induktiven Widerstand.

Fig. 2 zeigt ein Steuergerät 201, das in diesem Ausführungsbeispiel ein Kraftfahrzeug-Steuergerät wie z. B. ein Steuergerät eines Antiblockiersystems (ABS) ist. Das Steuergerät 201 weist dabei einen Verpolenschutz 202 auf, der aus einer Diode bestehen kann, eine Ventilendstufe 203, die von einem Mikrocomputer 204 angesteuert wird, einen Anschluß 205 für ein Schaltventil (Anschlußleitung 211), einen Shunt-Widerstand 206 zur Messung des über die Anschlußleitung 211 zu dem Schaltventil fließenden Stromes sowie eine Freilaufdiode 207. Die an dem Shunt-Widerstand 206 abfallende Spannung wird über einen Operationsverstärker 208 dem Mikrocomputer 204 zugeführt, in dem dann eine Auswertung des sensierten Stromes erfolgt, wobei die Sensierung des Stromes durch Auswertung der an dem Shunt-Widerstand 206 abfallenden Spannung erfolgt. Auf der Grundlage des sensierten Stromes erfolgt dann in dem Mikrocomputer 204 in an sich bekannter Weise eine Ansteuerung über die Ventilendstufe 203.

Weiterhin ist Fig. 2 zu entnehmen, daß an den Anschluß 205 ein Ventilsimulator 209 angeschlossen ist. Grundsätzlich ist dabei die Wirkungsweise dieses Ventilsimulators 209 derart, daß entsprechend den vom Steuergerät 201 vorgegebenen Schaltbedingungen von dem Ventilsimulator 209 an der Anschlußstelle 205 ein Stromfluß verursacht wird, der einem Stromfluß bei einem angeschlossenen Schaltventil entspricht. Dies wird dadurch realisiert, daß der Ventilsimulator 209 einen Prozessor 210 enthält, dem über einen Eingang 212 der momentan von dem Steuergerät 201 ausgegebene Schaltzustand übermittelt wird. Aufgrund dieses Schaltzustandes erfolgt über die Digital/Analog-Wandler 214 und 215 eine Ansteuerung der Operationsverstärker 216 und 217, mittels deren Ausgangssignal dann die Transi-

storen 218 und 219 entsprechend leitend geschaltet werden. Wird der Transistor 219 leitend geschaltet, bewirkt dies einen Stromfluß nach Masse, d. h., daß in diesem Falle der Ventilsimulator 209 als Stromsenke wirkt. Wird hingegen der Transistor 218 leitend geschaltet, bewirkt dies einen Stromfluß im Sinne eines an die Anschlüsse 205 angeschlossenen Schaltventiles nach dem Abschalten des Schaltventiles in dem Zeitraum des Zusammenbrechens des in der Spule des Schaltventiles vorhandenen magnetischen Feldes.

In dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2 werden dem Prozessor 210 mittels einer Eingabevorrichtung 220 Parameter des Schaltventiles angegeben, die von dem Ventilsimulator 209 simuliert werden sollen. Diese Parameter können dabei beispielsweise die Temperatur, die Induktivität, der ohmsche Widerstand und/oder die Kapazität des Schaltventiles sein, wobei grundsätzlich auch Parameter anderer zu simulierender Lasten angegeben werden können. Bei Eingabe der Temperatur kann beispielsweise ein Funktionstest in Abhängigkeit der sich ändernden Temperatur durchgeführt werden, wenn die Änderung der elektrischen Größen (ohmscher Widerstand, Induktivität, Kapazität) in dem Prozessor 210 ermittelbar ist. Die angegebenen elektrischen Größen beziehen sich dann auf einen bestimmten Wert der Temperatur, die elektrischen Größen bei den anderen Temperaturen können dann abgeleitet werden. In dem Prozessor 210 werden dann aus den Parametern in Echtzeit Signale erzeugt, die an die Operationsverstärker 216 und 217 ausgegeben werden und einen Stromfluß entsprechend dem vorgegebenen Schaltzustand und entsprechend der zu simulierenden Last bewirken. Alternativ zu der Berechnung in Echtzeit kann der Prozessor auch auf eine Speichereinrichtung 221 zugreifen, in der entsprechende Zeitverhalten der zu simulierenden Lasten tabellenartig abgelegt sein können.

Fig. 3 zeigt ein Steuergerät 301, das in diesem Ausführungsbeispiel ein Kraftfahrzeug-Steuergerät wie z. B. ein Steuergerät eines Antiblockiersystems (ABS) ist. Das Steuergerät 301 weist dabei einen Verpolenschutz 302 auf, der aus einer Diode bestehen kann, eine Ventilendstufe 303, die von einem Mikrocomputer 304 angesteuert wird, einen Anschluß 305 für ein Schaltventil (Anschlußleitung 311), einen Shunt-Widerstand 306 zur Messung des über die Anschlußleitung 311 zu dem Schaltventil fließenden Stromes sowie eine Freilaufdiode 307. Die an dem Shunt-Widerstand 306 abfallende Spannung wird über einen Operationsverstärker 308 dem Mikrocomputer 304 zugeführt, in dem dann eine Auswertung des sensierten Stromes erfolgt, wobei die Sensierung des Stromes durch Auswertung der an dem Shunt-Widerstand 306 abfallenden Spannung erfolgt. Auf der Grundlage des sensierten Stromes erfolgt dann in dem Mikrocomputer 304 in an sich bekannter Weise eine Ansteuerung über die Ventilendstufe 303.

Weiterhin ist Fig. 3 zu entnehmen, daß an den Anschluß 305 ein Ventilsimulator 309 angeschlossen ist. Grundsätzlich ist dabei die Wirkungsweise dieses Ventilsimulators 309 derart, daß entsprechend den vom Steuergerät 301 vorgegebenen Schaltbedingungen von dem Ventilsimulator 309 an der Anschlußstelle 305 ein Stromfluß verursacht wird, der einem Stromfluß bei einem angeschlossenen Schaltventil entspricht. Dies wird dadurch realisiert, daß der Ventilsimulator 309 einen Prozessor 310 enthält, dem über eine Zuleitung 312 der momentan von dem Steuergerät 301 ausgegebene Schaltzustand übermittelt wird. Aufgrund dieses Schaltzustandes erfolgt über den Digital/Analog-Wandler 313

eine Ansteuerung des Operationsverstärkers 314, mittels dessen Ausgangssignal dann der Transistor 315 entsprechend leitend geschaltet wird. Ist der Schalter 303 geschlossen, sind die Spannungsquellen  $U_{\text{Bat}}$  und  $U_H$  in Serie geschaltet. Um dann beispielsweise eine Einschaltphase einer induktiven Last zu simulieren, muß der Transistor so durchgeschaltet werden, daß der sich ergebende Widerstand auf der Kollektor-Emitter-Strecke eine dem entsprechenden Zeitpunkt der Einschaltphase entsprechende Strombegrenzung bewirkt. Soll dann eine Ausschaltphase einer induktiven Last simuliert werden, muß der Transistor so durchgeschaltet werden, daß der sich ergebende Widerstand auf der Kollektor-Emitter-Strecke einen dem entsprechenden Zeitpunkt der Ausschaltphase entsprechenden Stromfluß bewirkt. Dabei ist zu berücksichtigen, daß dann der Schalter 303 geöffnet ist, d. h., daß nur noch die Hilfsspannungsquelle 316 anliegt. Demnach sind die einzustellenden Widerstandswerte in der Ausschaltphase grundsätzlich kleiner als in der Einschaltphase.

In dem Ausführungsbeispiel der Fig. 3 werden dem Prozessor 310 mittels einer Eingabevorrichtung 320 Parameter des Schaltventiles angegeben, die von dem Ventilsimulator 309 simuliert werden sollen. Diese Parameter können dabei beispielsweise die Temperatur, die Induktivität, der ohmsche Widerstand und/oder die Kapazität des Schaltventiles sein, wobei grundsätzlich auch Parameter anderer zu simulierender Lasten angegeben werden können. Bei Eingabe der Temperatur kann beispielsweise ein Funktionstest in Abhängigkeit der sich ändernden Temperatur durchgeführt werden, wenn die Änderung der elektrischen Größen (ohmscher Widerstand, Induktivität, Kapazität) in dem Prozessor 310 ermittelbar ist. Die angegebenen elektrischen Größen beziehen sich dann auf einen bestimmten Wert der Temperatur, die elektrischen Größen bei den anderen Temperaturen können dann abgeleitet werden. In dem Prozessor 310 werden dann aus den Parametern in Echtzeit Signale erzeugt, die an die Operationsverstärker 316 und 317 ausgegeben werden und einen Stromfluß entsprechend dem vorgegebenen Schaltzustand und entsprechend der zu simulierenden Last bewirken. Alternativ zu der Berechnung in Echtzeit kann der Prozessor auch auf eine Speichereinrichtung 321 zugreifen, in der entsprechende Zeitverhalten der zu simulierenden Lasten tabellenartig abgelegt sein können.

In den gezeigten Ausführungsbeispielen zeigt Fig. 2 eine Anordnung für Low-Side-Ventile und Fig. 3 eine Anordnung für High-Side-Ventile. Es ist dabei jedoch ersichtlich, daß die Verwendung zweier Transistoren bzw. eines Transistors sowie einer Hilfsspannungsquelle unabhängig davon ist, ob es sich um eine Low-Side-Anordnung oder um eine High-Side-Anordnung handelt.

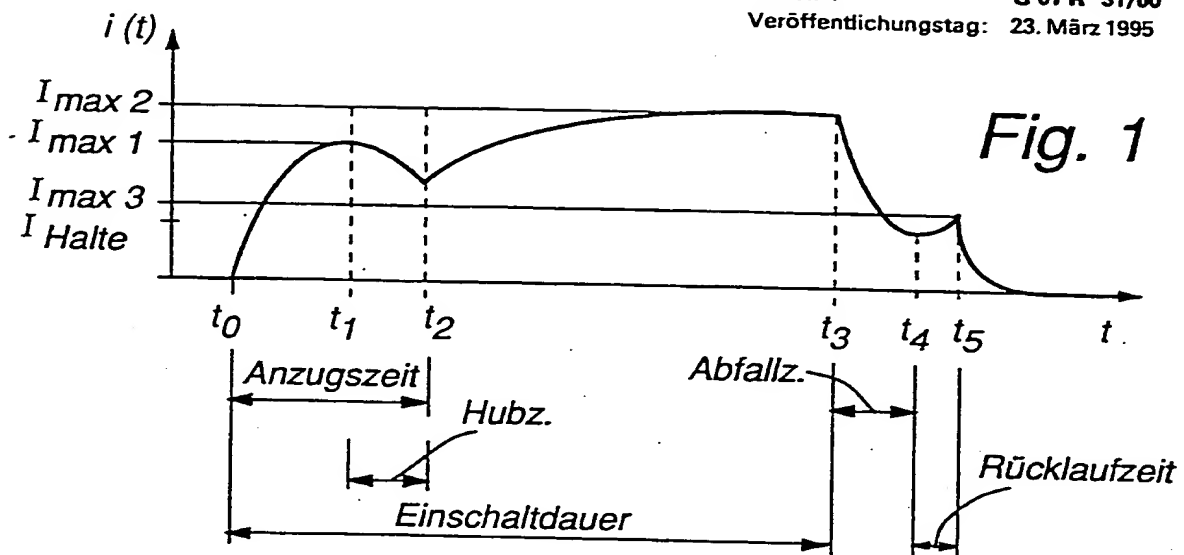
#### Patentansprüche

1. Anordnung zum Testen des Ausgangsverhaltens von Steuergeräten, welche zur Ansteuerung von induktiven oder kapazitiven Lasten vorgesehen sind, und mittels deren der Test des Steuergerätes in einer Betriebsart erfolgt, welche derjenigen mit der normalerweise angeschlossenen Betriebslast entspricht, dadurch gekennzeichnet,
  - daß die Anordnung einen elektronischen Lastsimulator (209, 309) umfaßt, welcher mit dem Steuergerät (201, 301) ausgangsseitig verbindbar ist,

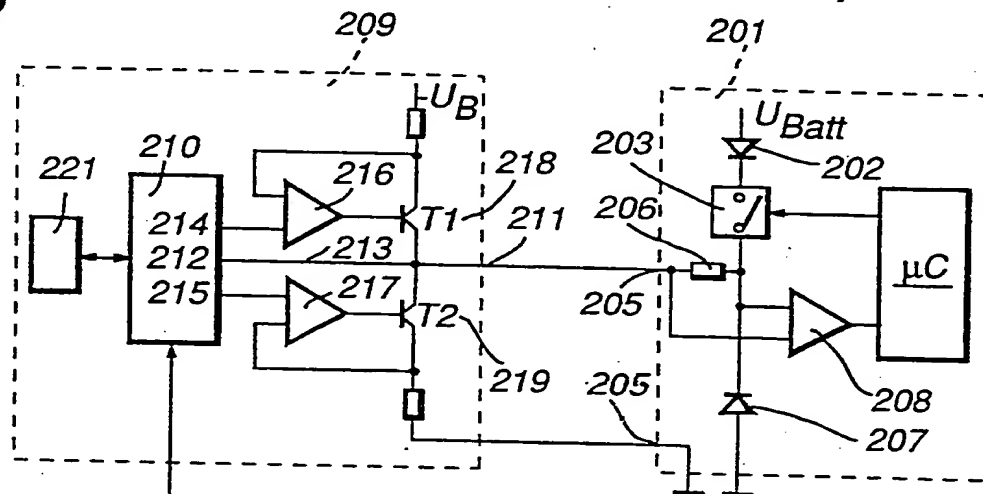
- daß der Lastsimulator (209, 309) einen Prozessor (210, 310) umfaßt, welchem der vom Steuergerät (201, 301) momentan vorgegebene Schaltzustand übermittelbar (212, 312) ist,
- daß der Prozessor (210, 310) ausgangsseitig mit einer mehrere Bauteile (216, 217, 218, 219, 314, 315) umfassenden Vorrichtung wirkverbunden und die Vorrichtung insoweit in Abhängigkeit von dem aktuell übermittelten Schaltzustand und Parametern (220, 320) ansteuerbar ist, welche das Strom-/Spannungs-Zeitverhalten der zu simulierenden Last kennzeichnen, und
- wobei die Bauteile (216, 217, 218, 219, 314, 315) der Vorrichtung einen für das Steuergerät meßbaren Stromfluß (206, 306) bewirken, der demjenigen Stromfluß entspricht, den die zu simulierende Last unter Betriebsbedingungen bewirkt.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bauteile (216, 217, 218, 219, 314, 315) der Vorrichtung aus wenigstens einem Operationsverstärker (216, 217, 314) und wenigstens einem Transistor (218, 219, 315) bestehen.
3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung aus einem Operationsverstärker (314) und einem Transistor (315) gebildet wird, wobei diese Vorrichtung mit einer Hilfsspannungsquelle (316) zusammenwirkt.
4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Parameter der Last dem Prozessor (210, 310) mittels einer Eingabevorrichtung (220, 320) angegeben werden.
5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Simulator (209, 309) eine induktive Last, insbesondere ein Schaltventil, simuliert und daß die Bauteile (216, 217, 218, 219, 314, 315) der Vorrichtung so angesteuert werden, daß bei einem Wechsel des von der Steuereinrichtung (201, 301) vorgegebenen Schaltzustandes der Stromfluß einen exponentiellen Verlauf annimmt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen



**Fig. 2**



**Fig. 3**

